

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-350377

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl.⁵
H 0 3 H 9/145

識別記号 庁内整理番号
C 7259-5J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O.L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平5-140322

(22) 出願日

平成5年(1993)6月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 太田 康博

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所映像メディア研究所内

(72) 発明者 湯原 章綱

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所映像メディア研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

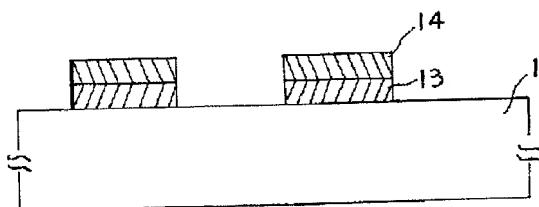
(54) 【発明の名称】 弹性表面波素子

(57) 【要約】

【目的】 内部損失が少なく、しかも耐電力性が高い、特性良好かつ長寿命な弹性表面波素子を提供することにある。

【構成】 弹性表面波素子電極の少なくとも一部を、基板に直接接触する第1層電極と、其の上に重なる第2層電極とよりなる積層構造とし、第1層電極のマイグレーション耐性は第2層電極のマイグレーション耐性より高く、かつ、第1層電極の比抵抗は第2層電極の比抵抗よりも高くする。そのためには、Ti, Pd, Nb, Ni, Mg, Ge, Si, Co, Zn, Ta, Au, Ag, Pt, Cr, Hf, Zr, Cd, W, V, Li, Cuの中の何れかを0.1≤y≤20%含有するAl合金で第1層電極を形成させる。

図 1



13…第1層電極
14…第2層電極

【特許請求の範囲】

【請求項1】圧電性を有する基板上に配設した、弾性表面波を励振、伝搬または反射する電極の少なくとも一部の電極は、基板に直接接觸する第1層薄膜電極と、其の上に重なる第2層薄膜電極とが、夫々異なる材料で形成された積層構造を有し、上記第1層薄膜電極のマイグレーション耐性は第2層薄膜電極のマイグレーション耐性より高く、かつ、第1層薄膜電極の比抵抗は第2層薄膜電極の比抵抗よりも高いことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項2】第1層薄膜電極は、MをTi, Pd, Nb, Ni, Mg, Ge, Si, Co, Zn, Ta, Au, Ag, Pt, Cr, Hf, Zr, Cd, W, V, Li, Cuの中から選んだ1元素とし、xとyを $x+y=100$ で重量百分率により合金組成を表す数値としたとき、膜厚方向平均重量組成が $A_1 x M y$ なるアルミニウム合金により形成され、 $0.1 \leq y \leq 20$ であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特性良好で、圧電性基板上に形成した金属薄膜よりなる電極の耐電力性が高く、大電力での長時間にわたる継続使用にもマイグレーションによる電極破壊が生じ難い、信頼性の高い弾性表面波素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、弾性表面波素子の応用範囲が広がり、大電力を伝送する弾性表面波フィルタや大振幅の表面波が定在波として存在する弾性表面波共振器の需要が増加している。動作周波数も数百MHzから数GHzと高周波化が要求されるようになってきており、また、高出力化のために内部損失の低減および高耐電力性を持つ新しい構造が要求されるようになってきている。高周波化を図るために、使用するすだれ状くし形電極の対向電極指間ピッチを狭くすると同時に電極指幅も狭くする必要があり、例えば中心周波数1GHzの場合には電極指幅は約 $1\mu\text{m}$ となる。このような微細電極を用いた弾性表面波素子では、動作時に弾性表面波によって生ずる基板表面の歪みが、基板表面に接して形成された薄膜電極の構成材料に内部応力を発生させ、その応力が電極膜の臨界剪断応力を越えた部分では電極材料原子が結晶粒界を通路として移動し、電極に空隙（ボイド）、突起（ヒロック）を発生させ、弾性表面波素子特性の劣化および電極破壊が生じるということが信頼性面での問題点として挙げられている。

【0003】上記問題点を回避するために、従来も例えば、特公昭61-47010号公報には、A₁に少量のCuを添加して硬化させた電極材料を用いて单層膜電極を形成する技術が記載されている。電極膜を硬化させる手段としては、Cuの他にも、Ti, Ni, Mg, Pd

10

20

30

40

50

等を添加する方法も行なわれている。また、特開昭62-272610号公報には少なくとも一部の電極を、基板に接する第1の層を純A₁又は低濃度に第1の不純物を添加したA₁で形成し、第2の層を低濃度に第2の不純物を添加したA₁で形成し、かつ、第2の不純物にはTi, Cr, V, Mnのなかの何れか一つを用いた積層構造にする技術が、また、特開昭63-314906号公報には、基板に接する第1の層は高純度のA₁で50~2000Åの膜厚に形成し、第2の層はマイグレーション防止の働きをもつCu, Si, Ti等の少なくとも1種類以上の中から選んだ1元素とし、xとyを $x+y=100$ で重量百分率により合金組成を表す数値としたとき、膜厚方向平均重量組成が $A_1 x M y$ なるアルミニウム合金により形成され、 $0.1 \leq y \leq 20$ であることを特徴とする請求項1記載の弾性表面波素子。

【0004】しかし、上記従来の電極構成による弾性表面波素子の場合、单層膜構造では、A₁膜にCu, Ti, Ni, Mg, Pd等を添加して電極膜の硬化を行なう際に、添加量を増加するに伴い硬化強度は増大し耐電力性は増大するが、同時に電極膜の比抵抗が増加するため内部損失が増大するという問題が生じ、添加する元素および添加する量が大幅に制限されていた。また、二層膜積層構造では、基板に接する第一層の電極薄膜がマイグレーションに弱い高純度A₁又はそれに近い材質の薄膜であるために、基板表面の弾性波歪によって最も強く内部応力が発生される第一層電極薄膜がマイグレーションによって破壊され、それが弾性表面波素子の寿命を決定していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の技術は、何れも、電極膜の硬化強度を増大させて耐電力性の向上を図ることと、電極膜の比抵抗を減少させて動作時の内部損失を低減させることの両方を、同時に実現させることは出来ないという問題点を抱えていた。

【0006】本発明は、上記従来の弾性表面波素子の、電極膜の機械的強度を高めるのに伴って比抵抗が増大するという問題点を克服し、しかも、比抵抗の増大を比較的低く抑制することにより素子の内部損失の増大を抑制した弾性表面波素子を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明においては、圧電性を有する基板上に配設した、弾性表面波を励振、伝搬または反射する電極の少なくとも一部の電極は、基板に直接接觸する第1層薄膜電極と、其の上に重なる第2層薄膜電極とが、夫々異なる材料で形成された積層構造を有し、上記第1層薄膜電極のマイグレーション耐性は第2層薄膜電極のマイグレーション耐性より高く、かつ、第1層薄膜電極の比抵抗は第2層薄膜電極の比抵抗よりも高いものを用いることとした。また具体的には、第1層薄膜電極は、MをTi, Pd, Nb, Ni, Mg, Ge, Si, Co, Zn, Ta, Au, Ag, Pt, Cr, Hf, Zr, Cd, W, V, Li, Cuの中から選んだ1元素とし、xとyを $x+y=100$ で重量百分率により合金組成を表す数値としたとき、膜厚方向平均重量組成が $A_1 x M y$ なるアルミニウム合金により形成され、 $0.1 \leq y \leq 20$ であることを特徴とする。

$x + y = 100$ で重量百分率により合金組成を表す数値としたとき、膜厚方向平均重量組成が $A_1 \times M_y$ なるアルミニウム合金により形成され、 $0.1 \leq y \leq 20$ となるようになる。

【0008】

【作用】圧電性弾性表面波基板に電極膜を形成する方法としては、スパッタリング法及び真空蒸着法があるが、膜の緻密性及び合金膜の組成安定性の点から主にスパッタリング法が用いられている。従来、単層からなる電極膜では、耐電力性を向上させるために、 A_1 に Cu , Ti , Ni , Mg , Pd 等を添加して粒界拡散によるマイグレーション破壊を防止してきたが、上記添加物の添加量増加に伴って比抵抗が大幅に増加し、素子の内部損失を増大させるという別の問題を生ずるために、添加元素および添加量が制約されていた。また、従来、2層膜からなる積層電極膜では、第1層膜がマイグレーション耐性に弱い純 A_1 又はそれに近い膜であり、第2層膜が Ti , Cu , Mg 等の不純物を含有する A_1 系合金薄膜であるため、素子の動作時に、基板表面の弾性波によって最も強く応力を受ける第1層膜にマイグレーション破壊が発生して弾性表面波素子の寿命を比較的短いものにしていた。

【0009】本発明者は、電極のマイグレーション耐性を損なうことなく電極の比抵抗を低減できる2層構造電極を検討し、その有効性を確認した。すなわち、基板に直接接する第1層電極にはマイグレーション耐性の良好な電極膜を用い、その上に、第2層電極として第1層電極よりもマイグレーション耐性は劣るが比抵抗が低く内部損失が少なくなる電極膜を形成させる。2層の合計膜厚は、単層の場合とほぼ等しくなるようにする。この様な2層構造電極は、第1層電極だからなる単層構造電極よりも抵抗が低くなり、従って、素子の内部損失が低減する。しかも、マイグレーション耐性は単層構造電極と同等以上になる。各電極膜の膜厚が薄くなることにより、結晶粒径も小さくなるために耐電力性が向上したものと考えられる。

【0010】第1層薄膜電極は、 M を Ti , Pd , Ni , Mg , Ge , Si , Co , Zn , Ta , Au , Ag , Pt , Cr , Hf , Zr , Cd , W , V , Li , Cu の中から選んだ1元素とし、 x と y を $x + y = 100$ で重量百分率により合金組成を表す数値としたとき、膜厚方向平均重量組成が $A_1 \times M_y$ なるアルミニウム合金となるように、 M なる金属を $0.1 \leq y \leq 20\%$ の範囲内で A_1 に添加してマイグレーション耐性を A_1 よりも向上させてある。 A_1 への M なる金属の添加量が、 $0.1\text{wt}\%$ 未満の場合は、対電力性向上の効果が見られず、 $20\text{wt}\%$ よりも多い場合は、電極膜の比抵抗が高くなり素子の内部損失が増大し過ぎて実用的ではなくなる。

【0011】

【実施例】実施例1：図1は、 36° 回転Y軸切断X軸伝搬 L_iTaO_3 基板1上に、第1層電極1-3を、 $0.6\text{wt}\% Ti$ 含有の A_1 合金で膜厚 50nm 、第2層電極1-4を純 A_1 で膜厚 50nm 、幅は共に $100\mu\text{m}$ に形成した2層構造の第1実施例電極の断面図を示している。図2は、比較用に、 36° 回転Y軸切断X軸伝搬 L_iTaO_3 基板1の上に、 $0.6\text{wt}\% Ti$ 含有の A_1 合金で、膜厚 100nm 、幅 $100\mu\text{m}$ に形成した単層電極1-5の断面図を示す。上記二種類の電極の比抵抗を四端子法により測定した結果、図2に示した単層膜では $6.0\mu\Omega\text{cm}$ 、図1に示した第1実施例2層膜では $4.3\mu\Omega\text{cm}$ となって、2層膜とすることにより実効的比抵抗を約 30% 低減できることになる。

【0012】また、2層膜電極を、第1層電極膜を $0.6\text{wt}\% Ti$ 含有の A_1 合金、第2層電極膜を $0.2\text{wt}\% Ti$ 含有の A_1 合金で形成し、上記同様にして比抵抗を測定した結果、単層膜では上記の如く $6.0\mu\Omega\text{cm}$ であったのに対し、上記2層膜電極では $5.2\mu\Omega\text{cm}$ となって、2層膜とすることにより実効的比抵抗を約 13% 低減できた。

【0013】実施例2：図3(a)は本発明第2実施例である弾性表面波2開口共振器の平面図、図3(b)は図3(a)中に示すA-A'線断面図である。圧電性基板1aにはSTカット水晶基板を用い、この基板上に1組の送受波電極2, 2' が開口 $1000\mu\text{m}$ 、28対で互いに弾性表面波を送受するように設けられており、ボンディングパッド3, 3' と接続されている。ボンディングパッド3, 3' は直径 $25\mu\text{m}$ の A_1 線または Au 線よりなるボンディングワイヤで、カンパッケージシステム7の入出力ピン4, 4' に電気的に接続されている。また、上記1組の送受波電極2, 2' の両側には750本の金属スプリットからなる反射器5, 5' が設けられ、2開口弾性表面波共振器を構成している。上記送受波電極2, 2'、反射器5, 5' の電極の膜厚は 100nm で、共振周波数は 697MHz 、 $Q \approx 4000$ となっており、実施例電極を2層構造とし、比較用に単層構造電極の物も製作した。電極材料には表1に示した各種の A_1 系合金を用いている。2層構造電極では、第2層目には A_1 膜を用い、膜厚はそれぞれ 50nm で、単層電極の場合は膜厚 100nm とした。電極膜は何れもDCマグネットロンスパッタリング法により基板1a上に形成させた後、フォトリソグラフィ技術によりパターン形成した。なお、送受波電極2, 2'、反射器5, 5' を形成させた基板1aは導電性接着剤6でTO-5カンパッケージシステム7に接着してある。各電極材料で電極パターンを形成した弾性表面波共振器を、単層膜、2層膜それぞれの構成につき加速劣化試験を行った結果を表1に示す。試験結果は、単層 A_1 膜の寿命に対する倍率で表してある。加速劣化試験の条件は、周囲温度 150°C 、入力電力 100mW である。なお、この場合の

寿命は共振周波数が試験開始時点から、±50 kHz変化した時間をもって示した。表1から単層膜構造でも電極材料としてAl合金を用いれば寿命が伸びることが判るが、本発明を実施して2層構造にすれば更に長い寿命*

*が得られることが判る。

【0014】

【表1】

表1

試料番号	第1層の電極膜材料	単層Al膜に対する寿命倍率(倍)	
		単層膜	2層膜
1	Al-0.2wt%Ti	3	6
2	Al-1.0wt%Ti	5	10
3	Al-5.0wt%Ti	10	16
4	Al-1.0wt%Pd	5	10
5	Al-1.0wt%Nb	4	8
6	Al-1.0wt%Ni	6	12
7	Al-1.0wt%Mg	4	8
8	Al-0.1wt%Ge	3	6
9	Al-0.1wt%Si	3	6
10	Al-1.0wt%Co	6	12
11	Al-1.0wt%Zn	4	8
12	Al-1.0wt%Ta	4	8
13	Al-1.0wt%Au	1.5	2
14	Al-1.0wt%Ag	1.5	2
15	Al-1.0wt%Pt	5	10
16	Al-1.0wt%Cr	4	8
17	Al-1.0wt%Hf	3	6
18	Al-1.0wt%Zr	6	12
19	Al-1.0wt%Cd	3	6
20	Al-1.0wt%W	6	12
21	Al-1.0wt%V	5	10
22	Al-1.0wt%Li	3	6
23	Al-1.0wt%Cu	5	10
24	Al-0.6wt%Ti-0.2wt%Nb	8	16
25	Al-1.0wt%Sb	0.6	0.8
26	Al-1.0wt%In	0.5	0.7
27	Al-1.0wt%Sn	0.5	0.7

【0015】Ti, Pd, Nb, Ni, Mg, Ge, Si, Co, Zn, Ta, Au, Ag, Pt, Cr, Hf, Zr, Cd, W, V, Li, Cuのなかの少なくとも1元素をAlに添加することにより寿命は向上し、2層膜にすることにより更に寿命は向上している。

【0016】実施例3: 図4(a)は本発明第3実施例40 弹性表面波素子の平面図、図4(b)は図4(a)中に示すA-A'線断面図である。圧電性基板1bはSHモードの疑似表面波を伝搬する36°回転Y軸切断、X軸伝搬のLiTaO₃である。電極構成は、入力電極8、出力電極9が交互に配置されており、入出力電極の個数は、入力電極8が2個、出力電極9が3個で、多電極型構造となっている。入力電極8及び出力電極9は、それぞれ、くし形電極指10から構成され、図4(b)の断面図に示すように、くし形電極指10の電極指幅とくし形電極指の無い部分(スペース部)の幅は等しくなって※50

※いる。また、入出力電極8、9の間には接地用電極バターン11が形成されている。更に、圧電性基板1bの表面は、入出力電極8、9及び接地用電極バターン11と電気的に絶縁された浮き電極バターン12で覆った構造となっている。なお、この多電極型弹性表面波素子の中 心周波数は880MHzで、入出力電極8、9のくし形電極指の電極指幅、スペース幅は共に1.2μm、接地用電極バターン11の幅は5μmである。電極構成は2層構造で比較用に単層構造の物も製作した。電極材料には表2に示した各種のAl系合金を用いた。電極の合計膜厚は100nmとし、2層構造時には、第2層は純Al1膜を用い、膜厚はそれぞれ50nmである。電極膜はDCマグネットロンスパッタリング法により基板1a上に形成させた後、フォトリソグラフィ技術によりバターン形成を行った。各電極材料で電極バターンを形成した多電極型弹性表面波素子を、単層膜、2層膜のそれぞれ

の構成につき加速劣化試験を行った結果を表2に示す。
試験結果は、単層A1膜の寿命に対する倍率として表し
ている。加速劣化試験の条件は、実施例2と同様であ

*る。

【0017】

*【表2】

表2

試料番号	第1層の電極膜材料	単層A1膜に対する寿命倍率(倍)	
		単層膜	2層膜
1	Al-0.2wt%Ti	3	7
2	Al-1.0wt%Ti	6	1.3
3	Al-5.0wt%Ti	1.2	2.0
4	Al-1.0wt%Pd	5	1.2
5	Al-1.0wt%Nb	4	1.0
6	Al-1.0wt%Ni	6	1.4
7	Al-1.0wt%Mg	4	1.0
8	Al-0.1wt%Ge	3	7
9	Al-0.1wt%Si	3	7
10	Al-1.0wt%Co	6	1.4
11	Al-1.0wt%Zn	4	1.0
12	Al-1.0wt%Ta	4	1.0
13	Al-1.0wt%Au	1.5	4
14	Al-1.0wt%Ag	1.5	4
15	Al-1.0wt%Pt	5	1.2
16	Al-1.0wt%Cr	3	7
17	Al-1.0wt%Hf	3	7
18	Al-1.0wt%Zr	6	1.3
19	Al-1.0wt%Cd	3	7
20	Al-1.0wt%W	6	1.3
21	Al-1.0wt%V	5	1.2
22	Al-1.0wt%Li	3	7
23	Al-1.0wt%Cu	7	1.6
24	Al-0.6wt%Ti-0.2wt%Nb	6	1.4
25	Al-1.0wt%Sb	0.6	0.8
26	Al-1.0wt%In	0.5	0.7
27	Al-1.0wt%Sn	0.5	0.7

【0018】寿命倍率は実施例2の場合と多少異なるが、Ti, Pd, Nb, Ni, Mg, Ge, Si, Co, Zn, Ta, Au, Ag, Pt, Cr, Hf, Zr, Cd, W, V, Li, Cuの中の少なくとも1元素をA1に添加することにより寿命は向上し、本発明により2層膜にすることにより更に寿命は向上している。

【0019】なお、基板に直接接する第1層電極のマイグレーション耐性の良否が寿命に如何に影響するかを見るために、2層構造電極からなる実施例3と同様な構造の素子で、第一層目を純A1電極とし、第2層目を0.4wt%Ti含有のA1合金電極とした素子Iと、第1層目を0.4wt%Ti含有のA1合金電極とし、第二層目を純A1電極とした素子IIの加速劣化試験による比較を行ったところ、素子IIの寿命は素子Iの寿命より約8倍長寿命であった。この事からも第1層電極のマイグレーション耐性が素子の耐電力性向上に重要であることがわかる。加速劣化試験条件は、実施例3と同様に行つ^{※50}

※た。

【0020】上記各実施例の2層構造電極では、第2層目をA1電極としたが、A1系合金またはA1系以外の金属、合金でも構わない。また、電極膜の全体の膜厚は本実施例では100nmとしたが、さらに厚くとも薄くとも差し支えない。上記各実施例では、2層構造電極の各層の電極膜厚は全体の膜厚の半分である50nmの場合について示したが、さらに厚くとも薄くとも構わない。電極膜の作成過程については、電極膜は成膜後そのままの状態でも成膜後アニール処理を行った状態でも本発明による効果が得られることが確認されている。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、弹性表面波素子の、電極膜の材料選択範囲が大幅に拡大されると共に、電極膜の実効的比抵抗の低減、従って素子内部損失の低減ができ、また、大幅に耐電力性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例電極の断面図である。

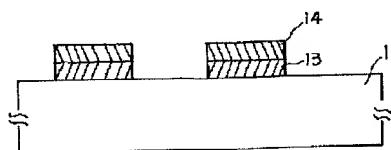
【図2】比較用に製作した単層電極の断面図である。

【図3】図3(a)は本発明第2実施例の2開口弹性表面波共振器の平面図、図3(b)は図3(a)中に示すA-A'線断面図である。

【図4】図4(a)は本発明第3実施例である弹性表面波素子の平面図、図4(b)は図4(a)中に示すA-A'線断面図である。

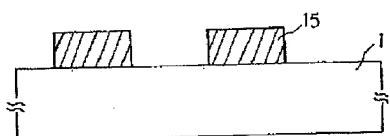
【図1】

図1

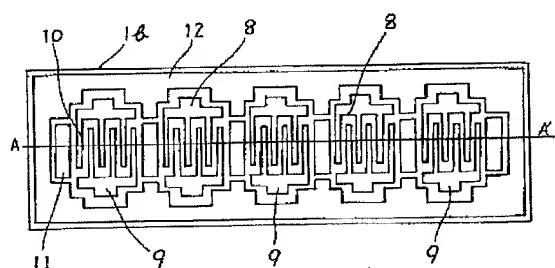
13…第1層電極
14…第2層電極

【図2】

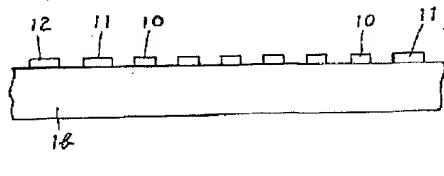
図2



【図4】

図4
(a)

(b)



【図3】

図3

